

# Automatisoidun valmistusyksikön suunnittelu RamonEdge Oy:lle

Mikko Rämö

Helmikuu 2014

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU  
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Rämö, Mikko	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 02.06.2014
	Sivumäärä 47	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi AUTOMATISOIDUN VALMISTUSYKSIKÖN SUUNNITTELU RAMONEDGE OY:LLE		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Parviainen, Miikka, lehtori Ström, Markku, lehtori		
Toimeksiantaja(t) RamonEdge Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä suunniteltiin RamonEdge Oy:lle automatisoitu valmistusyksikkö rakenteineen jääkiekkoluistimen terien valmistamiseksi. Valmistusyksikön toiminta käsittäisi terän valmistuksen aiheista valmiiksi lopputuotteeksi. Automatisoidun valmistusyksikön tarkoituksena on tulevaisuudessa mahdollistaa RamonEdge Oy:lle nykyistä selvästi suurempi tuotannon volyyymi. Tavoitteena oli suunnitella yksikkö siten, että tuotanto siinä voisi olla mahdollisimman joustavasti ohjattavissa, yksikkö voisi toimia miehittämättömiä jaksoja eikä tuotteen laadun suhteen tarvitsisi tehdä kompromisseja.</p> <p>Lähtökohdaksi suunnittelulle asetettiin nykyisen valmistusprosessin automatisointi sen soveltuvin osin. Työ aloitettiin tutustumalla tuotteeseen sekä nykyiseen valmistusprosessiin ja sen kulkuun. Tuotteen vaaditut ominaisuudet kartoitettiin yhdessä RamonEdge Oy:n kanssa ja nykyisestä prosessista eroteltiin ne työvaiheet jotka haluttiin yhä pitää manuaalisina, jonka jälkeen lopuille työvaiheille lähdettiin suunnittelemaan automatisointia. Prosessin selvittämisen jälkeen valmistusyksikölle suunniteltiin valmistusjärjestelmä. Valmistusjärjestelmää varten valittiin tuotannolle sopivin tuotantomalli, sekä suunniteltiin sen pohjalta tuotannon ohjaus ja prosessin kulku. Lopuksi valmistusyksikölle suunniteltiin laitteisto, jonka avulla se pystyisi toteuttamaan suunniteltua valmistusjärjestelmää.</p> <p>Lopputuloksena saatiin suunnitelma automatisoidulle valmistusyksikölle, joka kykenee valmistamaan RamonEdge Oy:n tuotetta, eli luistimen teriä. Lisäksi Valmistusyksiköstä pystyttiin suunnittelemaan sellainen, että sen ohjaaminen on joustavaa ja se pystyy toimimaan itsenäisesti myös miehittämättömiä jaksoja. Suunnitelman avulla RamonEdge Oy voi seuraavaksi lähteä suorittamaan valmistusyksikön käytännön rakentamista yhdessä laite- ja järjestelmätoimittajien kanssa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Automatisointi, FMS, luistimen terä		
Muut tiedot		



Author(s) Rämö, Mikko	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 02.06.2014
	Pages 47	Language Finnish
		Permission for web publication ( X )
Title PLANNIN AN AUTOMATIC MANUFACTURING UNIT FOR RAMONEDGE LTD		
Degree Programme Mechanical and Production Engineering		
Tutor(s) Parviainen, Miikka, lecturer Ström, Markku, lecturer		
Assigned by RamonEdge Oy		
Abstract <p>The subject of this Bachelor's thesis was to plan an automatic manufacturing unit for RamonEdge Ltd to produce blades for ice hockey. The operation of that manufacturing unit was supposed to cover the manufacturing of blades from blank to finished product. The purpose of automatic manufacturing unit for RamonEdge Ltd is to grow their production capacity. The goal of this Bachelor's thesis was to plan the manufacturing unit so that it would be as easy as possible to operate without compromising the quality of the product. Also if needed it would be capable of operating by itself.</p> <p>The planning of the unit was started by getting to know how the current process runs. In the beginning of the work the required qualities of the product and the process were studied in co-operation with RamonEdge Ltd. Also the statement about wanted qualities of those were given by RamonEdge Ltd.</p> <p>After mapping the process and its requirements the manufacturing system was planned. The manufacturing system included model of the production, and operating system of the production. Eventually the automatic technologies that manufacturing unit would need were planned.</p> <p>As a result there is now a plan of automatic manufacturing unit that is planned to be flexible and capable of high quality production. RamonEdge Ltd would be able to use the plan for practical construction work of the unit with the machine suppliers and system suppliers.</p>		
Keywords Automation, FMS, hockey blade		

Miscellaneous

## Sisältö

1	Johdanto .....	4
1.1	Lähtökohdat .....	4
1.2	Tavoitteet .....	4
1.3	Luistelun fysiikka .....	5
1.3.1	Jään liukkaus .....	5
1.3.2	Luistin ja terä .....	6
1.3.3	Luistelu .....	7
2	RamonEdge Oy.....	7
2.1	Toiminta .....	7
3	RamonEdgen tuotantoprosessi .....	10
3.1	Valmistettavan tuotteen ominaisuudet.....	10
3.2	Terähuoltoyksikön prosessi.....	11
3.2.1	Kuvaus.....	12
3.2.2	Esivalmistelut.....	13
3.2.3	Muotoilu .....	14
3.2.4	Teroitus.....	15
3.2.5	Viimeistely ja pakkaus .....	16
3.3	Laadunvarmistus .....	17
4	Valmistusjärjestelmä .....	17
4.1	Valmistuksen tuotantotavat .....	17
4.1.1	Funktionaalinen .....	17
4.1.2	Linjamuotoinen .....	18
4.1.3	Solumuotoinen.....	19
4.2	Valmistusjärjestelmän suunnittelu .....	19
4.3	Valmistusjärjestelmän ohjaus.....	20
5	Automatisoitu valmistus.....	21
5.1	Automatisoinnista haettavia hyötyjä .....	21
5.2	Joustava automaatio .....	22
5.3	FMS.....	23
5.4	Käsittelyjärjestelmät .....	24
5.5	Valmistusyksikön robotisointi .....	25

	2
5.5.1 Johdanto.....	25
5.5.2 Robottijärjestelmän komponentit.....	26
5.5.3 Robotin nivelet ja koordinaatistot.....	28
5.6 Automatisoitu hiontasolu .....	29
6 RamonEdge -muotoilu- ja teroitusprosessin automatisoinnin suunnittelu	30
6.1 Valmistusjärjestelmä .....	30
6.1.1 Suunnittelun lähtökohdat .....	30
6.1.2 Tuotantomallin valinta.....	32
6.1.3 Tuotannon ohjaus.....	32
6.2 Tuotantolaitteiston valinta.....	33
6.2.1 Hiomakone.....	33
6.2.2 Kappaleenkäsittely.....	36
6.2.3 Pesukone.....	37
6.3 Valmistusyksikkö.....	38
6.3.1 Rakenne .....	38
6.3.2 Ohjaus .....	38
6.4 Automatisoitu valmistusprosessi .....	39
6.4.1 Prosessikaavio.....	39
6.4.2 Esivalmistelut.....	40
6.4.3 Automatisoitu kappaleenkäsittely, teroitus ja muotoilu.....	41
6.4.4 Viimeistely ja tarkastus .....	41
6.4.5 Vaiheaikojen vertailu.....	41
6.5 Automatisoidun hiontasolun liittäminen yrityksen toimintaan.....	43
7 Yhteenveto ja arviointi .....	44

## Kuviot

<i>Kuvio 1. Materiaalin ja tilausinformaation kulku RamonEdge -terien tuotantoketjun eri toimijoiden välillä. Kuviossa tilausinformaatio on esitetty katkoviivana ja materiaalin kulku yhtenäisenä viivana.....</i>	9
<i>Kuvio 2. Havainnollistava kuva terän profiilin muodostumisesta. (Anttila 2011.) .....</i>	10

	3
<i>Kuvio 3. Terän poikkileikkaus. (Anttila 2011)</i> .....	11
<i>Kuvio 4. Terähuoltoyksikön prosessikaavio</i> .....	13
<i>Kuvio 5. ProSharp AS 2001 Allpro -muotoilukone.(AS 2001 Allpro N.d.)</i> .....	15
<i>Kuvio 6. Wissotan 911 -mallin teroituskone. (911 Skate Sharpener 115 volt N.d.)</i> .....	16
<i>Kuvio 7. Chevalierin FSG -sarjan NC -hiomakone. (Chevalier FSG-240 ADIII N.d.)</i> .....	35
<i>Kuvio 8. ABB IRB 1410. (IRB 1410 N.d.)</i> .....	37
<i>Kuvio 9. RamonEdge Oy:n johdon rooli tuotannon ohjauksessa</i> .....	39
<i>Kuvio 10. Automatisoidun valmistusyksikön prosessi</i> .....	40
<i>Kuvio 11. Tuotantojärjestelmän osien vastualueet sekä niiden välinen informaatiovirta</i> .....	43

## **Taulukot**

<i>Taulukko 1. Terähuollon työvaiheiden automatisoinnin arviointi</i> .....	31
<i>Taulukko 2. Koneen maahantuoja ilmoittamista arvoista koostettu taulukko Chevalier FSG-1632:n teknisistä tiedoista. (Chevalier FSG-240 ADIII N.d.)</i> ..	34
<i>Taulukko 3. Manuaalisen tuotannon karkeat vaiheajat</i> .....	42
<i>Taulukko 4. Automatisoidun tuotannon arvioidut karkeat vaiheajat</i> .....	42

# 1 Johdanto

## 1.1 Lähtökohdat

Lähtökohtana työlle oli työn tekijän tarve saada opinnäytetyön aihe ja samanaikaisesti RamonEdge Oy:n tarve uudistaa ja kasvattaa tuotantoaan.

RamonEdge Oy on voimakkaasti kasvavan kysynnän vuoksi suunnittelemassa tuotantokapasiteetin merkittävää kasvattamista. Opinnäytetyön tekijän tehtäväksi annettiin suunnitella nykyisen terähuoltoprosessin rinnalle automatisoitu versio prosessista ja sille soveltuva automatisoitu valmistusyksikkö. Vaatimuksina oli että yksikkö kykenee itsenäisesti suoriutumaan koko prosessista ja että se kykenee yhtä korkeaan lopputuotteen laatuun kuin nykyinen, pääasiassa käsityönä tapahtuva, tuotanto. Laatuvaatimusten täytyminen sai erityisen korkean huomion sillä RamonEdge haluaa pitää maineensa huippulaadukkaan terähuollon tuottajana.

Haastavuutta suunnitteluun toi myös se, että vastaavanlaista tuotantoa ei tiettävästi ole olemassa missään päin maailmaa, joten mallia tai vertailukohtaa tuotantoyksikölle ei ollut mahdollista hakea mistään. Suunnittelussa lähdettiinkin liikkeelle tuotantoa ja sen automatisointia käsittelevien lähteiden ja nykyisen tuotantoprosessin kehittäjän Paavo Rämön tietojen pohjalta. Työn ohjaavana opettajana toimi Miikka Parviainen ja RamonEdgen osalta ohjauksesta vastasi yrityksen perustaja Paavo Rämö.

## 1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella RamonEdge Oy:lle automatisoitu, itsenäinen valmistusyksikkö, jonka toiminta mahdollistaisi samanaikaisesti kappalemääräisesti tehokkaan tuotannon sekä RamonEdge Oy:lle erittäin tärkeän huippukorkean laadun. Näistä kahdesta tekijästä huippukorkea laatu on ensimmäinen prioriteetti



sillä se on RamonEdgen tärkein kilpailutekijä, jolla yritys pyrkii erottumaan muista. Lisäksi tälle valmistusyksikölle tuli suunnitella valmistusjärjestelmä, joka sisältäisi tuotannonohjauksen lisäksi myös laitteiston suunnittelun sekä layoutin hahmottelemisen. Tuotannon tulisi olla helposti ohjattavissa ja joustavaa, sillä tuotanto pyörii käytännössä täysin tilausvetoisesti ja tilauksiin tulisi pystyä reagoimaan tehokkaasti.

Tässä opinnäytetyössä pyritään käsittelemään valmistusjärjestelmän rakentamisen ja automatisoinnin teoriaa sekä suunnittelemaan RamonEdgelle malli terien valmistukseen soveltuvasta valmistusyksiköstä ja sen toiminnasta. Tuloksissa valmistusyksiköä ja sen tuotantojärjestelmää käsitellään lähinnä käytännön vaikutusten tasolla, eikä niiden vaatimiin teknisiin yksityiskohtiin syvennytä kovin tarkasti.

## 1.3 Luistelun fysiikkaa

### 1.3.1 Jään liukkaus

Kitkan pienuuden puolesta jää on omaa luokkaansa muihin materiaaleihin KUTEN?? verrattuna, mutta liukkauden luistimen terän alla aiheuttava tekijä on suhteellisen vaikeaselkoinen. Liukkauden uskottiin pitkään johtuvan terän aiheuttaman pintapaineen sulattamasta jäästä muodostuvasta vesikalvosta jonka päällä terä liukuu KORJAA. Tätä selitettiin sillä, että veden sulamislämpötila laskee paineen kasvaessa. Kuitenkin veden sulamislämpötilan laskeminen edes yhdellä celsiusasteella vaatisi 14 000 kPa:n painetta, joka vastaa noin 130 ilmakehää. Eli pintapaineen aiheuttama sulaminen ei voi selittää jään liukkautta. (Hahché 2002, 45-46.)

Toinen teoria on kitkalämmön aiheuttama sulaminen, joka perustuu ajatukseen jäällä liukuvan luistimen synnyttämästä kitkalämmöstä, jonka jään ylin kerros absorboi jotta sulamiseen ja vesikalvon syntyy. Kun lasketaan karkeasti kitkan vaikutus jään lämpötilan nousuun luistimen liukuessa sitä pitkin saadaan vastaukseksi noin 2,2:n celsius -asteen lämpötilan nousu, mikä on jo huomattavan paljon merkityksellisempi

kuin pintapaine. Jäähallissa jään lämpötila on kuitenkin n.  $-10^{\circ}\text{C}$ , joten kahden asteen lämpötilan nousulla ei saavuteta vielä sulamispistettä. Kitkalämmölläkin on siis enintään toissijainen merkitys tässä ilmiössä. (Haché 2002, 47-50.)

Nykyfyysikot ovat lähteneet metsästämään ratkaisua jään liukkauteen laitteillaan ja instrumenteillaan ja ovat saaneet mielenkiintoisia tuloksia. Tuloksista käy ilmi että pintapaineesta tai kitkalämmöstä riippumatta jää on sellaisenaan liukas. Jopa  $-250$  celsiusasteen lämpötilassa jään pinnalla on kvasijuoksevan veden märkä kerros. Syy tähän löytyy jään molekyyliarakenteista. Uloimman molekyylikerroksen molekyyliin ei kohdistu samanlaista vetovoimaa kuin sisempien molekyylikerrosten molekyyliin, johtuen luonnollisesti ylimmän kerroksen yläpuolisen molekyylikerroksen puuttumisesta. Tästä johtuen molekyylit ovat herkkiä irtoamaan ja pyörivät ikään kuin kuulalaakerit jääkerroksen pinnalla. Toinen jäänpinnan liukkauden syy liittyy jään kidegeometriaan. Suhteellisen hauras luiskamainen rakenne mahdollistaa jäälevyjen irtoamisen ja liukumisen toistensa päälle jo suhteellisen pienen pinnan suuntaisen voiman vaikutuksesta. (Haché 2002, 50-51.)

### **1.3.2 Luistin ja terä**

Jääkiekkoluistin on jäykähköstä materiaalista valmistettu kenkä, johon kiinnitetään terä siihen tarkoitukseen kehitetyn muoviosan välityksellä. Kengän tulee suojata jalkaa ja olla siten jäykkä, että se estää nilkan liikkeen sivusuunnassa ja mahdollistaa täten oikein suunnatun luistelupotkun, mutta kuitenkin sallia nilkan liikkuvuus eteen ja taakse, jotta pohjelihasta voidaan hyödyntää tehokkaasti luistelussa. (Haché 2002, 61-63.)

Jääkiekkoilussa yksi terän tärkeimpiä ominaisuuksia ovat kaarevat etu- ja takaosa, jotka mahdollistavat joustavan luistelun. Jääkiekossa pelaaja joutuu luistelemaan etu- ja takaperin ja kääntymään nopeasti, mikä olisi suorilla terillä hankalaa SIDOSTE???. Toinen yhtä tärkeä ominaisuus on ura. Uran hionnalla on keskeinen merkitys terän ominaisuuksien kannalta. Uran tehtävä on vakauttaa luistin sivusuunnassa.

Koska terän pohjaan kohdistuu suhteellisen suuri paine, uran reunat uppoavat jäähän ja mahdollistavat tarpeellisen pidon, jotta pelaaja voi tehdä nopeita suunnanmuutoksia jäällä. Uran geometria vaikuttaa huomattavasti terän ominaisuuksiin. Uran syvyys vaikuttaa siten, että mitä syvempi ura, sitä syvemmälle terä uppoaa jäähän ja sitä pitävämpi on terän ote jäästä. Toinen merkityksellinen geometrinen tekijä on ergonomia, sillä mitä vähemmän jään muotoa muutetaan sitä vähemmän energiaa kuluu liu'ussa hukkaan. (Haché 2002, 62-66.)

### **1.3.3 Luistelu**

Luistimen terän suuntainen kitkavoima jäähän on likimain nolla, joten luistelupotkun voima on suunnattava kohtisuoraan sitä vastaan. Tästä seuraa, että kun jääkiekkoilija haluaa kiihdyttää mahdollisimman tehokkaasti on luistinten kärkien osoitettava lähes kohtisuoraan sivuille. Luistimen on liukuvaiheessa oltava kuitenkin mahdollisimman suoraan halutun etenemissuunnan suuntaisesti, jotta potkusta saatu voima siirtyisi mahdollisimman tehokkaasti eteneväksi liikkeeksi. Lisäksi pelaajan on kallistuttava eteenpäin mahdollisimman voimakkaasti, jotta potkun voima saataisiin hyödynnettyä mahdollisimman tehokkaasti jään suuntaiseen etenemiseen. (Haché 2002, 72-75.)

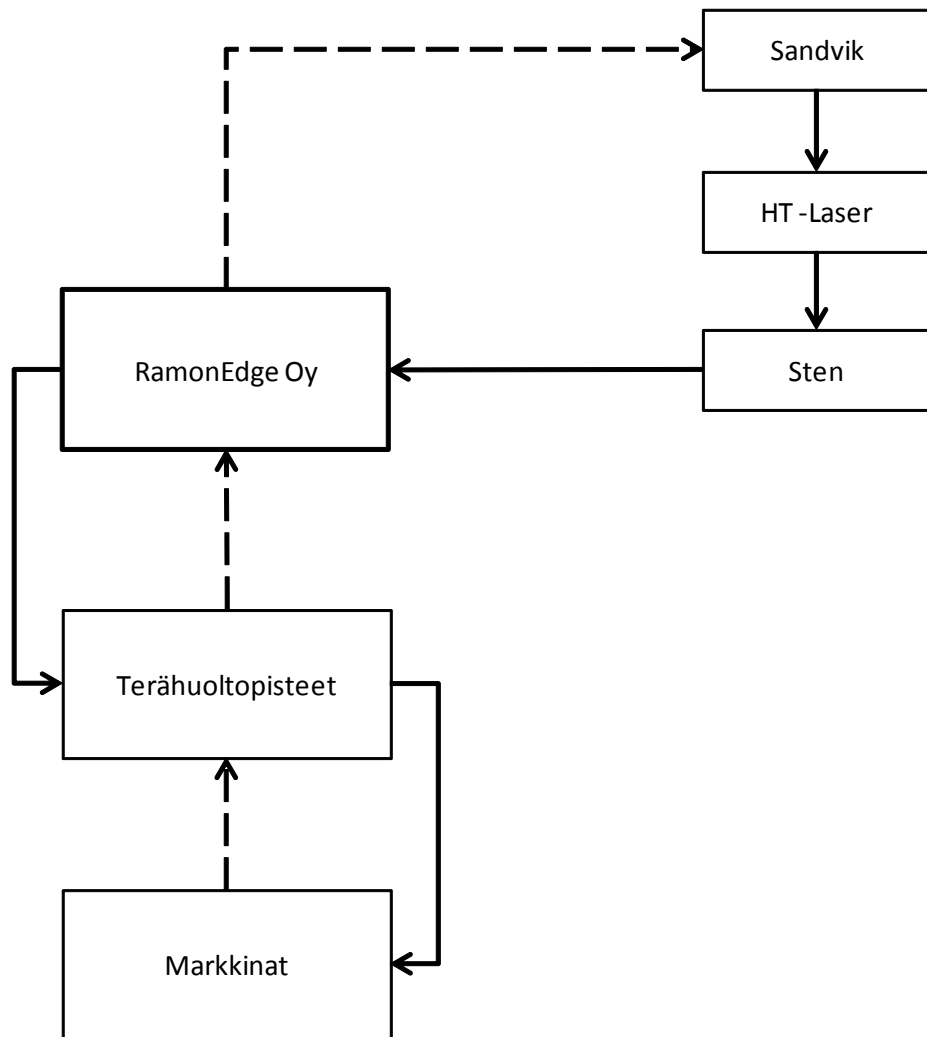
## **2 RamonEdge Oy**

### **2.1 Toiminta**

RamonEdge Oy on jääurheiluun erikoistunut yritys jonka tavoitteena on tutkia ja kehittää tuotteita, jotka ovat joko täysin uudenlaisia tai erottuvat kilpailijoista laadultaan ja toimivuudeltaan. Yrityksen päätuote on tällä hetkellä tilauksen mukaan räätälöidyt luistimen terät sekä niiden huolto. Yritys on vaiheessa, jossa yrityksessä ei työskentele palkollisena vielä yhtään työntekijää, mutta tarve askeleelle toiminnan

kasvattamiseksi on olemassa. Tämän askeleen ottamisen yhdeksi keinoksi yritys on päättänyt terätuotannon tehostamisen.

Yritys on perustettu vuonna 2009, mutta luistimen terähuoltoa, josta yritys tuli tunnetuksi ja jonka ympärille yritys on aikanaan perustettu, on Paavo Rämö kehittänyt jo 2000 -luvun alusta alkaen. RamonEdge Oy:n organisaatio koostuu tällä hetkellä viidestä hallituksen jäsenestä, joista yksi toimii yrityksen toimitusjohtajana. Vuonna 2013 yrityksen liikevaihto oli noin 100 000 € . Yrityksen kotipaikka on Jyväskylä, mutta yrityksen terähuolto -liiketoiminnan perustana oleva, terähuoltopisteiden muodostama, franchising -ketju kattaa lähes kaikki Suomen suurimmat kaupungit ja verkosto on laajenemassa Eurooppaan.



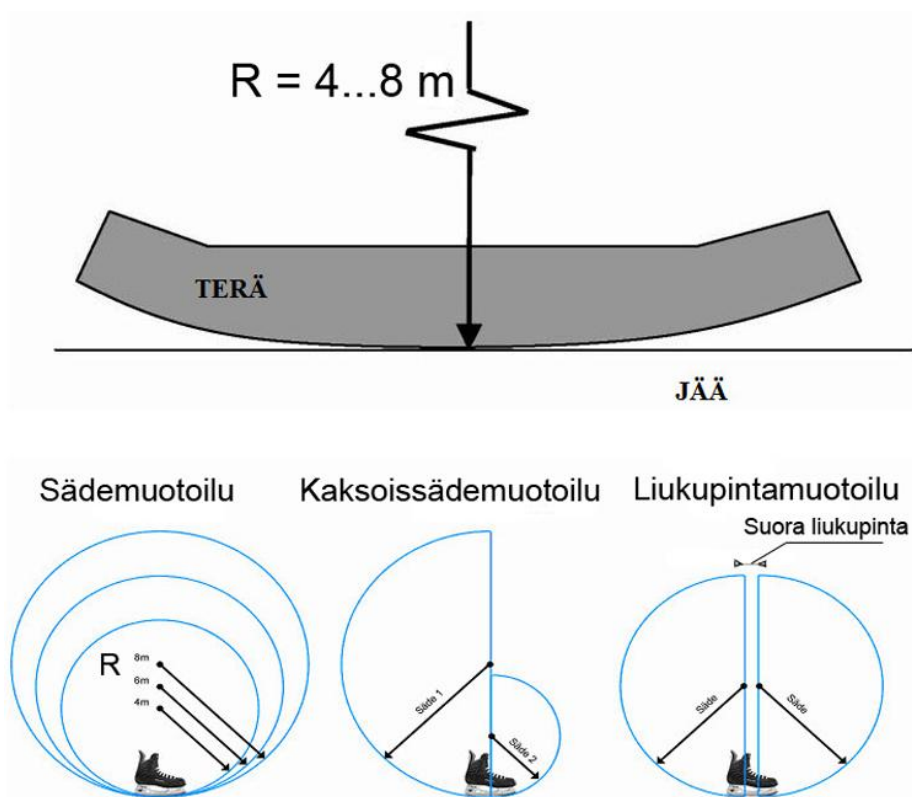
*Kuvio 1. Materiaalin ja tilausinformaation kulku RamonEdge -terien tuotantoketjun eri toimijoiden välillä. Kuviossa tilausinformaatio on esitetty katkoviivana ja materiaalin kulku yhtenäisenä viivana.*

RamonEdge Oy:n liikeidea käsittää tällä hetkellä asiakkaan toivomusten mukaan muotoillut ja teroitettut huippulaadukkaat luistimenterät sekä niiden huollon. Kuviossa 1 on esitetty RamonEdge Oy:n toimintamalli pääpiirteissään. RamonEdge Oy valmistaa teräaihiot Sandvikin HT -Laserin ja Stenin muodostaman alihankintaketjun avulla. Teräaihiot RamonEdge varastoi omaan varastoonsa, josta ne lähetetään terähuoltopisteille. (Rämö 2014.)

### 3 RamonEdgen tuotantoprosessi

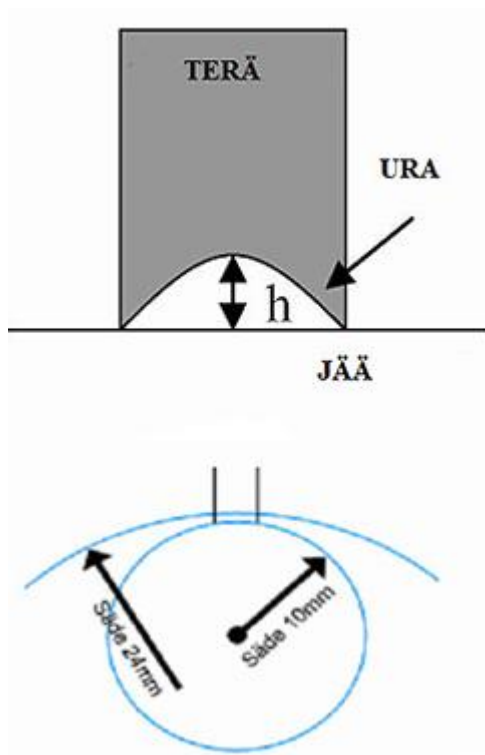
#### 3.1 Valmistettavan tuotteen ominaisuudet

RamonEdge Oy valmistaa luistimen terät ruostumattomasta 42CrMo4 -laadun teräksestä. Luistimen terä on 3mm paksuinen, mallista riippuen n. 300 mm pitkä ja 50 mm leveä kappale, joka kiinnitetään luistimeen kuvan yläpuolisesta pitkästä sivusta ja jonka toinen, käyttöasennossa jäätä vasten oleva, pitkä sivu, eli pohja, muotoillaan ja hiotaan vastaamaan haluttuja, yksilöllisiä ominaisuuksia. Tämä terän "profiili" käsittelee säteen tai säteet joiden mukaisten ympyröiden kaaret muodostavat pohjan muodon. Säteen tai säteiden väliin voidaan hioa vielä suora liukupinta asiakkaan niin halutessa. (Rämö 2014.)



Kuvio 2. Havainnollistava kuva terän profiilin muodostumisesta. (Anttila 2011.)

Jäätä vasten tulevaan sivuun hiotaan asiakkaan tilauksesta riippuen n. 10 - 30 säteinen ura (kuvio 3). Uran muoto on ilmoitetun säteisen ympyrän muodostama kaari terän leveyden matkalta. Uran pohjalle voidaan hioa myös toinen, pienempi ura eli niin sanottu "olas". Uran tärkeimmät laadulliset ominaisuudet ovat tasaharjaisuus sekä pinnanlaatu. Pelaaja havaitsee uran tasaharjaisuudessa, 3mm leveässä terässä, jo 0,2 asteen heiton vaakasuoraan pintaan nähden. Pinnanlaadun toleranssiksi on asetettu Ra 0,2. Kuvio 3 havainnollistaa uran terän pohjassa, sekä siihen liittyvät mitat. (Rämö 2014.)



Kuvio 3. Terän poikkileikkaus. (Anttila 2011)

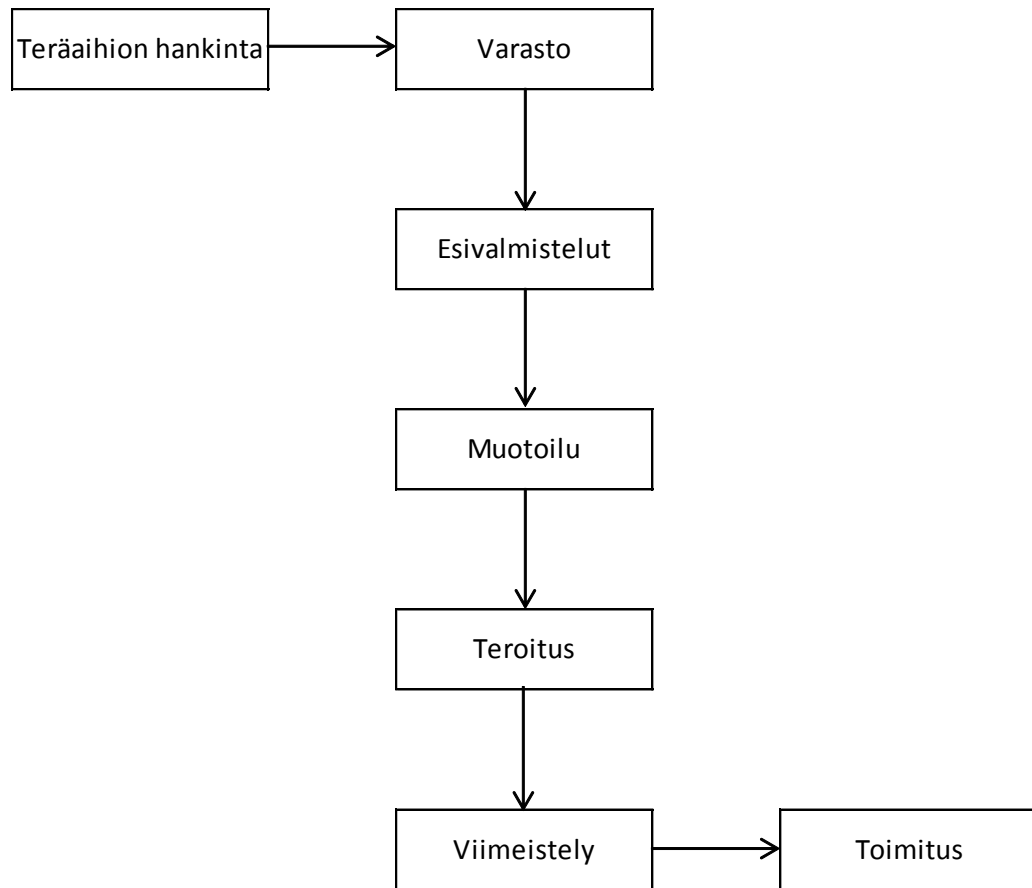
### 3.2 Terähuoltoyksikön prosessi

### 3.2.1 Kuvaus

Terämateriaali saapuu tuotantopisteelle leikattuina ja lämpökäsiteltyinä teräaihiaina ja terähuoltoyksikkö varastoi ne omaan varastoonsa. Tämän jälkeen terähuoltoyksikkö valmistaa teräaihiosta valmiita teriä loppuasiakkaalle omien ohjausimpulssiensa mukaisesti. (Rämö 2014.).

Nykyisessä tuotannossa asiakkaan tekemä tilaus antaa tekijälle ohjausimpulssin. Jos kyseessä on tilaus uusista teristä, tekijä muotoilee ja teroittaa terän teräaihiosta asiakkaan tilauksen yhteydessä antamien arvojen mukaisesti. Ensimmäisen toimituksen yhteydessä asiakkaalle annetaan RE terähuolto -kortti, johon on kirjattu terän ulkoisten pituuksien, muotoilun, uran syvyyden ja muodon arvot. Jos asiakas tilaa huollon RamonEdge - terilleen samoilla ominaisuuksilla kuin aiemmin, voidaan asiakkaan RE terähuolto -kortista nähdä välittömästi muotoilun ja teroituksen arvot ja suorittaa huolto niiden mukaisesti. Kuvio 4 esittää prosessin kulun pääpiirteissään. (Rämö 2014.)





Kuvio 4. Terähuoltoyksikön prosessikaavio.

### 3.2.2 Esivalmistelut

Esivalmisteluiden tarkoituksena on saada teräsihio sellaiseen kuntoon, että se voidaan häiriöttä muotoilla ja teroittaa laadukkaaksi teräksi. Esivalmistelut sisältävät aihion tarkastuksen, harjauksen sekä ylä- ja alapinnan hionnat. Aihion tarkastaminen on tärkeää, jotta saadaan mahdolliset leikkauksen tai lämpökäsittelyn aikana vääntyneet aihiot poistettua jo tässä vaiheessa tuotantoa. Jos terä on tullut huoltoon, alkutarkastuksessa arvioidaan terän kolhujen syvyydet ja määritellään kuinka paljon ainetta otetaan pois teroituksen yhteydessä sekä arvioidaan tarvitseeko terä uudelleen muotoiluun. Harjauksen tarkoituksena on saada terän pinnasta valssauksen ja lämpökäsittelyn aikana syntynyt oksidikerros ja epäpuhtaudet pois ja pinta paremman nä-

köiseksi. Lopuksi ylä- ja alapinta hiotaan polttoleikkauksen aikana syntyneestä leikkajäysteestä. (Rämö 2014.)

### **3.2.3 Muotoilu**

Uusi terä hiotaan, eli muotoillaan, haluttuun muotoon käyttämällä automaattista muotoilukonetta ja sen ohjauksena muotoilurautoja. Muotoiluraudat ovat eri terän muotoiluvaihtoehtojen mukaan muotoiltuja kappaleita, joita muotoilukone käyttää ohjausvastikkeena muotoilun aikana. Muotoilukoneeseen valitaan esiasetuksista hiontaparametrit joiden mukaan automaatio suorittaa muotoilun käyttäen muotoilurautaa halutun muodon tunnistamiseen. Terä asetetaan muotoilukoneen kelkkaan joka liikuttaa terää edestakaisin hiontalaikkaa vasten. Kelkassa oleva rulla pyörii muotoilurataa vasten ja tästä kone tunnistaa halutun muodon. (Rämö 2014.)

Muotoiluun käytetään kuvion 5 mukaista ProSharpin AS 2001 Allpro -mallin automaattista muotoilukonetta. Kone toimii 1 -vaiheisella 300W sähkömoottorilla joka pyörittää hiomalaikkaa ja kuljettaa kelkkaa. (lähde?)



Kuvio 5. ProSharp AS 2001 Allpro -muotoilukone. (AS 2001 Allpro N.d.)

### 3.2.4 Teroitus

Teroitus suoritetaan manuaalisesti kuljettamalla teroituskoneen pöydällä kelkkaan asetettua terää koneessa pyörivää hiomalaikkaa vasten jolloin hiomalaikka hio terän pohjaan uran. Hiomalaikka muotoillaan "timantoimalla", eli hiomalla timanttipäisellä sauvalla, vastaamaan haluttua uraa, joka terään halutaan teroittaa. Terään tehdään ensiksi niin sanottu kuivateroitus, jossa ei käytetä väliainetta ja jonka tarkoitus on muodostaa haluttu ura terään. Kuivateroituksen jälkeen terästä tarkastetaan uran tasaharjaisuus ja tehdään muutokset säätöihin jos tarvetta ilmenee. Lopuksi terään lisätään vahamainen väliaine ja tehdään viimeistelyteroitus. Vahan tarkoitus viimeistelyteroituksessa on muodostaa hyvä liukupinta uraan ja estää terän harjojen haurastuttavat lämpömuutokset. Terään pesun jälkeen jäävillä vahajäämillä on todettu olevan myös ruosteenehkäisyn kannalta suotuisia vaikutuksia. Terään voidaan tarvittaessa tehdä vielä niin sanottu "olasteroitus". Olasteroituksessa uran pohjaan käytän-

nössä hiotaan pienempi ura erillisellä laikalla ja kelkalla. Teroitukseen käytetään kuvion 6 mukaista Wissotan 911 -mallin teroituskonetta. (Rämö 2014.)



*Kuvio 6. Wissotan 911 -mallin teroituskone. (911 Skate Sharpener 115 volt N.d.)*

### **3.2.5 Viimeistely ja pakkaus**

Teroituksen jälkeen terän kyljet hiotaan hiomakivellä tasaisiksi hionnassa syntyneistä epätasaisuuksista teroitus tarkastetaan vielä uran tasaharjaisuus ja pinnanlaatu.

Tämän jälkeen teristä pestään vaha pois ja tehdään lopullinen silmämääräinen tarkistus, jonka jälkeen terät pakataan ja lähetetään asiakkaalle. (Rämö 2014.)

### **3.3 Laadunvarmistus**

Terähuoltopisteille on annettu koulutus RamonEdge -terien huoltamiseen ja laadun tarkistamiseen, sekä ohjeistus laitteistosta ja välineistä, jotka terähuoltopisteen tulee hankkia toimintaansa varten. Terähuoltopisteet ovat itsenäisiä yrittäjiä mutta toimivat RamonEdge -sertifioinnin alla. Jos terähuoltopiste ei kykene tuottamaan vaadittua laatua sertifikaatti voidaan purkaa RamonEdge Oy:n toimesta. (Rämö 2014).

## **4 Valmistusjärjestelmä**

### **4.1 Valmistuksen tuotantotavat**

#### **4.1.1 Funktionaalinen**

Funktionaalisessa tuotantotavassa samankaltaiset resurssit kerätään samaan paikkaan ja paikat on yleensä myös nimetty resurssin tyyppin mukaan, esimerkiksi sorvaamo tai hitsaamo. Erilaisia tuotteita tai tuoteryhmiä ohjataan tuotannossa käymään läpi niiden tarvitsemat työvaiheet. Funktionaalisessa tuotantotavassa on muutamia etuja. Eduista merkittävin on suuri joustavuus tuotevalikoimassa. Käytännössä funktionaalisella tavalla toteutettu tuotanto pystyy valmistamaan mitä tahansa, mitä sen resursseilla pystyy ylipäätään valmistamaan. (Lapinleimu ym. 1997, 79.)

Muita etuja ovat kapasiteetin suuri käyttöaste kappaleiden jonottaessa koneille, sekä osaamisen keskittyminen koneille. Erityisesti kalliiden työstökoneiden ollessa kysees-

sä kapasiteetin käyttöasteen saaminen mahdollisimman korkeaksi on suotavaa, kuten myös mahdollisimman tehokas tuotanto, jonka mahdollistaa työntekijöiden korkea ammattitaito. (Lapinleimu ym. 1997, 79.)

Funktionaalisen tuotantotavan selkeästi huonoin piirre on sen huono ohjattavuus, sillä erilaisille tuotteille on määriteltävä erilaiset reitit tuotannon läpimenoon. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa tuotannossa on paljon ohjattavia työpisteitä, työpisteille kertyy jonoja ja tuote vaatii paljon ohjausimpulsseja jolloin toimitusvarmuus helposti kärsii. Funktionaalisen systeemin ohjattavuus pahenee nopeasti systeemin koon kasvessa ja toimivin koko systeemille olisikin vain arviolta 3 - 6 ohjauspistettä tai henkilöä. (Lapinleimu ym. 1997, 80.)

#### **4.1.2 Linjamuotoinen**

Linjamuotoisessa valmistuksessa kaikkien tuotteiden työnkulku on sama, vaikka linjassa voi olla työvaiheita, joita kaikki tuotteet eivät vaadi. Nämä kuitenkin kulkevat linjassa työvaiheen läpi. Valmistuslinjat voidaan jakaa tahtilinjoihin ja epätahtilinjoihin sen mukaan onko työvaiheiden välissä puskurivarastoja vai ei. (Lapinleimu ym. 1997, 81.)

Tahtilinjassa ei ole puskurivarastoja, joten kaikkia kappaleita on liikutettava samassa tahdissa työvaiheiden välillä. Tahtilinjassa pisimmän työnajan ja kappaleenkäsittelyn ajan omaava työvaihe määrittää linjan tahtiajan ja täten myös linjan kapasiteetin. Tahtilinjain poikkeustapaukseksi katsotaan niin kutsutut sidotut koneet. Sidotut koneet tekevät vain yhtä työkappaletta kerrallaan. Esimerkiksi kolme puristinta, joissa robotti käyttää työkappaletta järjestyksessä yhden iskun ajaksi, voivat muodostaa tällaisen linjan. (Lapinleimu ym. 1997, 81.)

Epätahtilinjassa jokaisen työvaiheen väliin on sijoitettu puskurivarasto, jolloin jokainen kone voi työstää vaikka eri erää. Puskurivaraston täytyisi periaatteessa olla kahden erän kokoinen, jolloin toiseen päähän edellinen työvaihe voi laittaa työstämänsä

kappaleet ja toisesta päästä seuraava työvaihe ottaa työstettävät kappaleet. Kuitenkin, jos tuotannossa valmistetaan suuria eriä tai se on jatkuvaa, tulisi puskurivaraston olla vain muutaman työkappaleen kokoinen. Tällöin puskurivaraston koko määräytyisi ajasta joka kuluu koneen apuaikoihin kuten työkalun vaihtoon. (Lapinleimu ym. 1997, 84.)

### **4.1.3 Solumuotoinen**

Solutuotannossa pyritään tilanteeseen, jossa tietyn osaperheen osat voidaan valmistaa yhdessä erikoistuneessa yksikössä yhdellä ohjausimpulssilla. Solu on itsenäinen valmistusyksikkö jolla on oma henkilöstönsä, omat tuotanto- ja apulaitteistonsa sekä vastuu toiminnastaan. Solu pyritään suunnittelemaan siten että tuotteet pystytään valmistamaan mahdollisimman valmiiksi solun sisällä. (Lapinleimu ym. 1997, 85-86.)

Solut voidaan jakaa käytännössä kahteen eri tyyppiin sen perusteella kuinka niissä valmistettavat tuotteet valitaan. Lopputuoteperusteisissa soluissa valmistetaan lopputuotteen tietyt osat ja tällaisia ovat esimerkiksi kokoonpano- ja osakokoonpanosolut. Teknologiaperusteisessa solussa solu tekee kaikkiin lopputuotteisiin osat jotka ovat teknisesti samankaltaisia, esimerkiksi akselit (Lapinleimu ym. 1997, 87.)

Tuoteperusteisen jaottelun lisäksi solut saavat hyvin moninaisia muotoja tuotteiden valmistamisen asettamien erilaisten vaatimusten vuoksi. Solussa voidaan päätyä ratkaisuun jossa solussa on vain yksi monitoimikone tai monitoimikone toimii johtokoneena ja sillä on apukoneita. Solu voi olla linjatyyppinen, tai jos valmistettavan osaperheen työnkulkuja ei saada samoiksi, solusta joudutaan tekemään usean koneen funktionaalisen toimintatavan solu. (Lapinleimu ym. 1997, 88-89.)

## **4.2 Valmistusjärjestelmän suunnittelu**

Nykyaikaisessa teollisuudessa tuotteiden valmistaminen vaatii ihmisten, koneiden ja laitteiden ohjattua yhteistoimintaa. Valmistusjärjestelmä voidaan kuvata ihmisten, koneiden ja laitteiden yhdistelmänä, jota sitoo yhteinen materiaali- ja informaatiovirta. Materiaalivirta menee systeemiin sisään jalostamattomana materiaalina ja energiana ja tulee ulos valmiina tuotteina ja jätteinä. Informaatiovirta tulee myös jalostamattomana asiakkaalta ja sen voidaan ajatella tulevan ulos esimerkiksi järjestelmän suorituskykyä mittaavana informaationa. (Chryssolouris 2006, 329)

Valmistusjärjestelmän suunnittelu voidaan ajatella valmistusjärjestelmältä vaadittavien toimintojen ja rakenteiden suorituskykytarpeen kartoittamisena suorituskykyvaatimusten pohjalta. Sama pätee myös toiseen suuntaan, sillä suorituskykyvaatimukset määräytyvät sen mukaan millä perusteilla valmistusjärjestelmän suorituskykyä mitataan. Valmistusjärjestelmän suorituskyvyn mittausta voi olla joko hyötymittaus (mitä enemmän sitä parempi) tai kustannusmittaus (mitä alhaisempi sitä parempi). Nämä mittaukset voidaan jakaa yleisesti ottaen neljään osioon: aikaan, laatuun, kustannuksiin ja joustavuuteen. (Chryssolouris 2006, 329.)

### **4.3 Valmistusjärjestelmän ohjaus**

Valmistusjärjestelmän ohjaus on monimutkaista materiaali- ja informaatiovirran suunnittelua. Toimiva materiaalivirta mahdollistaa tuotteiden valmistumisen ajallaan sekä asianmukaisen laadun ja sen toimivuus on suoraan verrannollinen informaatiovirran toimivuuteen. Informaatiovirrassa esimerkiksi tuotannon johdolta tullut komentoinformaatio määrittelee materiaalivirran kulun ja sensori-informaatio, joka antaa palautetta järjestelmän tilasta ja resursseista, auttaa tekemään oikeita päätöksiä komentoinformaation suhteen, joka taas ohjaa materiaalivirtaa. (Chryssolouris 2006, 465.)



Komentoinformaation virtaa voidaan ohjata kahdella eri komentotasolla. Korkean tason ohjauskomennot määrittelevät materiaalivirran mikä valmistusjärjestelmän tulee sisälle ja täten ne myös määräävät järjestelmän kuormituksen. Korkean tason komennot ovat usein pitkän tähtäimen suunnittelua, joka määrää suuripiirteisesti milloin tuotetaan ja millaisia määriä mitäkin tuotetta. (Chryssolouris 2006, 465.)

Matalan tason komennolla ohjataan materiaalivirtaa valmistusjärjestelmän sisällä ja ulos siitä. Ne määräävät mitä resursseja käytetään missäkin vaiheessa kunkin kappaleen tuotantoa, sekä aikatauluttaa nämä vaiheet. Matalan tason komentojen tarkoitus on ratkaista korkean tason komentojen suuripiirteisten ajoitusten aiheuttamia haasteita valmistusjärjestelmän resurssien suhteen. Siinä missä korkean tason komennot ovat pitkän tähtäimen suunnittelua, täytyy matalan tason komentoja antaa paljon tiheämmin. Yhdessä nämä komentojen tasot voidaan käsittää terminä tuotannon ohjaus. (Chryssolouris 2006, 465-466.)

## **5 Automatisoitu valmistus**

### **5.1 Automatisoinnista haettavia hyötyjä**

Automatisoitu valmistus tuo suuren edun tehokkuuteen erityisesti ohjausnopeudessa, joka on ylivoimainen ihmisen ohjausnopeuteen verrattuna. NC -koneen avulla nopeudesta hyödytään paitsi suurten erien, mutta myös pienten erien valmistuksessa sillä esimerkiksi lastuava työstö vaatii paljon työstöasetuksia joiden määrittelemiseen kuluu ihmisellä paljon aikaa. Kaiken lisäksi NC -kone ei väsy ja on tarkka verrattuna jäykän automaation koneeseen. (Lapinleimu ym. 1997, 134.)

Järjestelmän tuomaan taloudelliseen hyötyyn vaikuttaa olennaisesti kuinka tehokkaassa käytössä järjestelmä on. Tärkeimpiä tuottavuuden tekijöitä ovat vuotuinen käyttötuntimäärä, jalostavan ajan osuus käyttötunneista sekä menetelmän tehok-

kuus. Automaattisten järjestelmien käyttöastetta laskettaessa, todellisena käyttötuntimääränä voidaan pitää ohjelma-aikaa, eli aikaa jonka kone toimii automaattisesti ohjaimensa ohjaamana. (Lapinleimu ym. 1997,137-138.)

Automatisoinnin avulla voidaan tuotantolaitteiston tuotantomäärää lisätä, ilman että henkilöstön määrää täytyisi kasvattaa, tai edes pitää ennallaan, ja tällöin voidaan puhua rajoitetusti miehitetystä tuotannosta (RMT). RMT:tä voidaan käytännössä soveltaa joko käyttämällä miehittämättömiä työvuoroja tai vähentämällä vuorokohtainen työntekijämäärä minimiin. (Lapinleimu ym. 1997, 136.)

Miehittämättömien työvuorojen tapauksessa kaluston käyttötuntimäärää lisätään ilman että henkilöstökustannukset kasvavat. Yleistä tällaisissa tapauksissa on lisätä miehittämätön työvuoro, eli esimerkiksi yövuoro jossa koneet pyörivät pelkästään automaation ohjaamana. Toisessa tapauksessa vuorokohtainen työntekijämäärä pyritään minimoimaan automaation avulla. Käytännössä tämä tarkoittaa että yksi työntekijä käyttää samanaikaisesti useampaa konetta automaation tukemana. (Lapinleimu ym. 1997, 136.)

Miehittämättömien työvuorojen käyttö on näistä kahdesta taloudellisesti merkittävämpi tapa, sillä sen avulla saadaan koneen vuotuisia käyttötunteja kasvatettua ja siten pienennettyä koneen tuntihintaa. Työntekijämäärän minimointi vaikuttaa ainoastaan palkkakustannuksiin, jotka ovat yleensä pienemmässä roolissa kalliita laitteita käyttävien konepajojen pääomakustannusten rinnalla. (Lapinleimu ym. 1997, 134-136.)

## **5.2 Joustava automaatio**

Tuotantoverstaan valmistusjärjestelmää voidaan kehittää edelleen esimerkiksi joustavan automaation avulla. Nykyaikaisessa teollisuudessa valmistuserät ovat pieniä ja tuotteiden versiot vaihtuvat nopeasti, joten joustavuudesta on tullut elinehto auto-

maation soveltamisessa tuotantoon. Konepaja -tyyppisessä toimintaympäristössä tämä tarkoittaa käytännössä, että samalla laitteistolla on kyettävä valmistamaan useita eri tuotteita ja vielä eri kokoisissa erissä, joten laitteiston asetuksia tulee pystyä muuttamaan nopeasti (Lapinleimu 1997, 128).

Automaatiossa joustavuus saavutetaan pitkälti numeerista ohjausta, eli NC (Numerical Control) -tekniikkaa hyödyntämällä. Numeerisesti ohjatun koneen tai robotin muistiin ohjelmoidaan halutut liikkeet ja tämän jälkeen kone suorittaa liikkeet servomottoerien avulla. Koneella on tietty vapausaste, joka kuvaa sen ohjattavien liikeakseleiden määrää. Tavallisessa työstökoneessa näiden akselien määrä voi vaihdella kahden ja kahdentoista välillä. NC -tekniikan joustavuus perustuu kerran kirjoitetun ohjelman säilymiseen muistissa ja sen nopeaan vaihtamiseen kappaleen vaihtuessa. Tällöin erilaisia kappaleita voidaan valmistaa vain ohjelmaa vaihtamalla. (Lapinleimu ym. 1997, 130.)

### **5.3 FMS**

FMS (Flexible Manufacturing System), eli joustava automaattinen valmistusjärjestelmä on yksi joustavan automaation tasoista ja tarkoittaa käytännössä yhdestä tai useammasta NC -ohjatusta koneesta koostuvaa koneryhmää joka toimii yhtenä yksikkönä tietyn tuoteryhmän valmistamiseksi. FMS -tekniikalla toteutetun valmistusjärjestelmän toiminnan tulee olla niin pitkälle automatisoitu että se kykenee jatkuvaan tuotantoon jopa miehittämättömänä ja sen tulee sisältää automaattisen järjestelmän työkappaleiden siirtämiseksi ja vaihtamiseksi sekä automaattisen työkalujärjestelmän. (Lapinleimu ym. 1997, 154.)

FMS:n piiriin kuuluvia systeemejä ajatellaan olevan kolmenlaisia:

-**FMU (Flexible Manufacturing Unit)**, jolla tarkoitetaan yhden työstökoneen täysautomatoitua järjestelmää. Suurin osa näistä on joko sorvausyksiköjä (FTU) tai koneistuskeskuksia (MCU).

-**FTL (Flexible Transfer Line)**, joka tarkoittaa joustavasti automatoitua linjatuotantoa. Tässä systeemissä tuotanto on linjamuotoista mutta yksiköt ovat numeerisesti ohjattuja ja moniakselisia ja siten joustavia.

-**varsinainen FMS** sisältää useita NC-koneita ja työkappaleen kulku on täysin vapaasti ohjelmoitavissa. Systeemi voi olla joko yksi- tai monivaiheinen riippuen tarvitseeko valmistettava kappale työstää yhdessä vai useammassa koneessa. (Lapinleimu ym. 1997, 154-161.)

FMS soveltuu erityisesti tuotantolaitoksille jossa valmistetaan tuotteita pienissä erissä. Tällaiset pienten erien valmistajat ovat perinteisesti joutuneet valitsemaan kahdesta eri tyyppisestä tuotantotavasta, niin kutsuttujen "jäykän automaation" koneiden ja yksittäisten manuaalisten koneiden muodostamien kokonaisuuksien välillä. Jäykän automaation koneet ovat kustannustehokkaita mutta eivät kykene joustavuuteen kun taas manuaalisilla koneilla, kuten manuaalisorveilla ja -jyrsimillä, päästään joustavuuteen mutta ne ovat kalliita hankkia eikä niille saada välttämättä täyttä käyttökapasiteettia. FMS tarjoaa pienten erien valmistajille kolmannen vaihtoehdon, jonka avulla voidaan saada pienten erien tuotannosta yhtä tehokasta kuin massatuotannosta. (Kostal, Velisek 2011, 724.)

## 5.4 Käsittelyjärjestelmät

Kappaleenkäsittelyjärjestelmä huolehtii kappaleen kuljettamisesta aina tulopaikalta lähtien, kappaleen valmistuksessa tarvittavien koneiden kautta, lähtöpaikan paletille. Koneistuskeskuksilla voidaan vähentää kappaleen käsittelytarvetta, sillä koneistuskeskuksessa kappaletta voidaan työstää monipuolisesti yhdellä kiinnityksellä. Yksit-

täisistä koneista muodostettu solu tarvitsee kuitenkin monipuolisen käsittelyjärjestelmän. Käsittelyjärjestelmän piiriin kuuluvia komponentteja ovat aihiomakasiini ja syöttölaite, vastaanottomakasiini, kuljettimet, siirtolaitteet ja robotit. (Fonselius, Laitinen, Pekkola & Suosara 1988, 152-154.)

Makasiineihin varastoidaan lähtöaihiot, jolloin on kyse syöttömakasiinista, sekä valmiit tuotteet, jolloin puhutaan vastaanottomakasiinista. Makasiinin tulee toimia yhteistyössä automaattisten käsittelylaitteen kanssa, joten siihen asetettavat kappaleet on asennettava määrättyyn asentoon, jotta ne voidaan poimia ja asettaa yksinkertaisilla syöttö- ja poimintalaitteilla. (Fonselius ym. 1988, 153.)

Kuljettimilla siirretään kappaleita tai niillä lastattuja paletteja koneelta toiselle. Kuljettimia on lukuisia eri sovellutuksia aina painovoimalla toimivista rullaradoista, erilaisiin ketju- ja hihnakuljettimiin sekä siirtovaunuihin. Näistä yleisimpinä käytössä kappaletavaran kuljettamisessa ovat painovoimalla toimivat liuskat ja rullaradat. Siirtolaitteet ovat lyhyelle siirtomatkalta tarkoitettuja kuljettimia. Suosittuja ovat painovoimatoimiset liuskat sekä erilaiset pneumaattiset ratkaisut. Kaikkia kuljettimia voidaan käyttää siirtolaitteina. (Fonselius ym. 1988, 154.)

## **5.5 Valmistusyksikön robotisointi**

### **5.5.1 Johdanto**

Pienille yrityksille yksittäisen tuotantosolun robotisointi on järkevä tapa toteuttaa joustavaa tuotantoautomaatiota. Isot yritykset voivat näitä soluja erilaisilla kuljettimilla yhdistämällä luoda mittavia joustavan automatisoidun tuotannon järjestelmiä. Robotisoinnin tehokas integroiminen tuotantojärjestelmään vaatii kokonaisvaltaista suunnittelua sillä jo pelkästään erilaisia teollisuusrobotteja voidaan määritellä monella eri tapaa niiden toimilaitteiden, ohjelmointitavan, mekaanisen nivelrakenteen ja käyttötarkoituksen perusteella. Tämän lisäksi teollisuusrobotti vaatii ympärilleen

tukevat toiminnot jotta voidaan puhua robottijärjestelmästä. Robottijärjestelmä sisältää itse robotin ja sen ohjelmiston lisäksi mm. työkalunpitimet, anturit ja muut kojeet joita robotti tarvitsee työnsä suorittamiseen sekä tietokoneliitännät jotka yhdistävät järjestelmän toiminnot keskenään (Aaltonen & Torvinen 1997, 140-142.) Robotin käyttämisellä kappaleenkäsittelyssä voidaan saavuttaa huomattavia etuja. Robotin avulla voidaan yhdistää kappaleen kuljetus ja käsittely ja lisäksi pienet muutokset tuotannossa hoituvat helposti robotin ohjelmaa muuttamalla. (Fonselius ym. 1988, 154.)

Teollisuusrobotti kuvataan standardissa SFS-EN 775 seuraavasti:

"Automaattisesti ohjattu, uudelleen ohjelmoitava ja monikäyttöinen käsittelylaite, jolla on useita vapausasteita, ja joka voi olla joko kiinteästi paikalleen tai liikkuvaksi asennettuna, käytettäväksi teollisuuden automaatiojärjestelmissä" (Aaltonen & Torvinen 1997, 141.)

### **5.5.2 Robottijärjestelmän komponentit**

Robottijärjestelmä koostuu seuraavista komponenteista, jotka yhdessä muodostavat kokonaisen järjestelmän:

- manipulaattori tai kuljetin
- käsittelijä
- toimilaitteet
- sensorit
- ohjain
- prosessori
- ohjelmisto (Niku 2001, 6-8.)

Manipulaattori tai kuljetin käsittää käytännössä robotin rungon ja sen osat kuten nivelet ja varret. Ilman muita komponentteja pelkkä manipulaattori tai kuljetin ei täytä robotin määritelmää. (Niku 2001, 6.)

Käsittelijällä tarkoitetaan robotin viimeisen nivelen päässä olevaa osaa jolla robotti suorittaa tehtäviään, kuten kappaleen käsittelyjä. Robottien valmistajat harvoin suunnittelevat tai myyvät itse käsittelijöitä, sillä käsittelijät yleensä suunnitellaan kohteen tarpeiden mukaan ulkopuolisten toimijoiden toimesta. Käsittelijää voidaan ohjata joko liitettynä robotin ohjausjärjestelmään tai sillä voi olla oma ohjausjärjestelmä. (Niku 2001, 6-7.)

Toimilaitteet käytännössä vastaavat robotin liikevoimasta ja niitä ohjataan ohjaimella. Tavallisimpia toimilaitteita ovat servomoottorit ja askelmoottorit sekä pneumaattiset ja hydrauliset sylinterit. (Niku 2001, 7.)

Sensoreita robottijärjestelmä käyttää keräämään informaatiota robotin asemasta sekä ympäristön kanssa kommunikoimiseen. Robotin sensorit keräävät informaatiota robotin jokaisesta nivelestä ja varresta ja lähettävät sen ohjaimelle joka muodostaa kuvan robotin asemasta. Robottiin voi myös olla liitettynä optisia sensoreita, kuten konenäkö, tai puheentunnistimia joiden avulla robotti voi kommunikoida ympäristönsä kanssa. (Niku 2001, 7.)

Ohjain ohjaa robottia tietokoneelta saamansa datan perusteella. Ohjain ohjaa toimilaitteita ja koordinoi liikkeitä sensoreilta saamansa palautteen mukaan. Esimerkiksi kun ohjain saa tietokoneelta käskyn liikkua tiettyyn asentoon, se antaa signaalin toimielimelle joka alkaa liikkumaan. Samalla kun toimielin liikuttaa robottia sensorit antavat jatkuvasti palautetta ohjaimelle robotin asennosta ja kun sensorien mukaan robotti on saavuttanut halutun asennon, ohjain pysäyttää liikkeen. Hienostuneemmissa roboteissa myös liikkeen nopeus ja voima pystytään valitsemaan ja pitämään halutunlaisena. (Niku 2001, 7-8.)

Proessori on robotin aivot. Se laskee robotin liikkeitä ja päättelee kuinka paljon ja kuinka nopeasti kunkin nivelen tulee liikkua tavoitteena olevaan asemaan pääsemiseksi ja tarkkailee ohjaimen ja sensorien toimintaa. Proessori on periaatteessa tietokone, joka on vain suunniteltu yhtä tarkoitusta varten. (Niku 2001, 8.)

Ohjelmistoja voidaan ajatella olevan käytössä kolmenlaisia. Yhdet käyttävät järjestelmää, mikä käyttää tietokonetta. Toiset ovat robottiohjelmistoja jotka laskevat niveltä tarvittavia liikkeitä robotille määriteltyjen liikkeen kaavojen perusteella ja tämä informaatio lähetetään ohjaimelle. Kolmannet ovat kokoelmia rutiineja ja apuohjelmia, jotka on kehitetty jotain tiettyä tarkoitusta kuten konenäköä varten. (Niku 2001, 8.)

### 5.5.3 Robotin nivelet ja koordinaatistot

Mekaanisen nivelrakenteen mahdollistamien koordinaatistojen puolesta robottien nivelrakenteet voidaan jakaa kahteen päätyyppiin, prismaattisiin ja kiertyviin nivelrakenteisiin. Prismaattiset nivelet ovat lineaarisia eli niissä ei tapahdu kiertävää liikettä, ja kiertävät nivelet ovat niveliä joilla pyöreät liikeradat ovat mahdollisia. Näiden nivelrakenteiden päätyyppien perusteella robotit voidaan jakaa tyypeihin nivelrakenteiden mahdollistamien koordinaatistojen mukaan:

- **Suorakulmainen.** Kolme prismaattista niveltä jotka liikuttavat käsittelijää. Käsittelijää voidaan muokata vielä vaihtoehtoisilla kiertyvillä nivelillä.
- **Sylinterimäinen.** Kaksi prismaattista niveltä ja yksi kiertyvä nivel kappaleen siirtämiseen.
- **Pallomainen.** Yksi prismaattinen ja kaksi kiertyvää niveltä joiden avulla käsittelijä liikkuu pallomaisessa koordinaatistossa.



- **Ihmismäinen.** Mahdollisesti yleisin teollisuusrobotin koordinaatisto. Kaikki nivelet ovat kiertyviä ihmiskäden tapaan.

- **SCARA.** Kaksi kiertyvää niveltä, joilla robotti liikuttaa käsittelijää vaakatasossa, sekä mahdollisesti yksi prismaattinen nivel pystysuuntaiseen liikkeeseen. (Niku 2001, 11.)

Kun tarkastellaan robotin sopivuutta haluttuun tehtävään, täytyy nivelrakenteiden ja niiden koordinaatistojen tuntemisen lisäksi selvittää kykeneekö robotti suoriutumaan vaadittavista siirto- ja käsittelytehtävistä. Tässä kohtaa robotin tarkkuus nousee olennaiseksi tekijäksi. Lähes kaikkien robottien tarkkuus, rakenteesta riippumatta, rajoittuu tarkkuuteen  $\pm 1\text{mm}$ . Toinen merkittävä ominaisuus on robotin kappaleenkäsittelykyky joka vaihtelee suuresti riippuen mihin tarkoitukseen kyseinen robotti on suunniteltu. Pienimmät robotit on suunniteltu muutaman kilon kuormiin, kun taas suurimmat teollisuusrobotit pystyvät käsittelemään jopa satojen kilojen kappaleita. Muita määriteltyjä toiminnallisia ominaisuuksia ovat mm. paikoitustarkkuus, toistotarkkuus, liikeradan tarkkuus- ja nopeusominaisuudet. Robottien toiminnallisuudet ominaisuudet on esitetty standardissa SFS-EN 29283. (Aaltonen & Torvinen 1997, 145.)

## 5.6 Automatisoitu hiontasolu

Automatisoitu solu koostuu mm. koneistuskeskuksista, NC -koneista ja automaattisista käsittelylaitteista, mutta esimerkiksi koneistuskeskus voi muodostaa yhden solun yksinkin. Solu voidaan muodostaa myös ilman NC -koneita, mutta automaation kehittäminen alkaa kuitenkin NC -koneiden sijoittamisella soluun. (Fonselius ym. 1988, 151.)

Jotta NC -kone voisi toimia osana automaattista valmistussolua, on kappaleenkäsittely automatisoitava. Kappaleen tuonnin, kiinnityksen, käännön, irrotuksen ja poiviennin on tapahduttava automaattisesti. Ulkoinen kuljetin tai robotti tuo kappaleen

sorville, jossa kappaleenvaihtaja huolehtii kappaleen käsittelystä ja asettamisesta koneeseen. Työvaiheen jälkeen kappaleenvaihtaja tuo kappaleen robotille joka kuljettaa sen eteenpäin. Tällä tavalla kuljetusjärjestelmän ei tarvitse huolehtia tarkkuutta vaativasta kappaleen asettelusta ja se voi keskittyä omaan tehtäväänsä. (Fonselius ym. 1988, 152.)

NC -hiomakoneissa numeerisen ohjauksen avulla voidaan hiomalaikkaa muotoilla ja teroittaa timantin avulla halutunlaiseksi. NC -ohjelma liikuttaa laikkaa pistemäistä timanttia vasten halutun muodon saavuttamiseksi. Numeerista ohjausta voidaan myös käyttää erilaisten vinojen ja pistävien liikkeiden suorittamiseksi sekä hiomalaikan vaihtoon. (Pikkarainen 1999, 22.)

## **6 RamonEdge -muotoilu- ja teroitusprosessin automatisoinnin suunnittelu**

### **6.1 Valmistusjärjestelmä**

#### **6.1.1 Suunnittelun lähtökohdat**

Valmistusjärjestelmän suunnittelussa lähdettiin liikkeelle jakamalla nykyinen terähuolto prosessi suhteellisen pieniin, mutta kuitenkin järkeviltä tuntuviin osatekijöihin. Tämän jälkeen kunkin osatekijän kohdalla arvioitiin, halutaanko se automatisoida vai säilyttää manuaalisena. Päätelmät koostettiin taulukkoon 7.

Työvaiheet			
		Käsin	Aut.
Esivalmistelut	tarkistus	x	
	harjaus	x	
	hionnat		x
Muotoilu	asetus		x
	työ		x
teroitus	asetus		x
	työ		x
viimeistely	pesu		x
	jäyste		x
	tarkistus		x

*Taulukko 1. Terähuollon työvaiheiden automatisoinnin arviointi.*

Kuten taulukosta voi havaita lähestulkoon kaikki työvaiheet haluttiin suunnitella automatisoinnin piiriin kuuluviksi alkutarkastusta ja oksidikerroksen harjausta lukuun ottamatta. Nämä työvaiheet RamonEdge halusi lähtökohtaisesti pitää manuaalisesti suoritettavina toimintoina, jotta voidaan aina varmistua aihoiden hyväksyttävästä kunnosta ja ulkonäöstä. Käytännössä kaikkia muita työvaiheita lähdettiin lähtökohtaisesti automatisoimaan.

Toinen lähtökohta suunnitteluun oli tuotannon ominaisuuksien selvittäminen tuotteen ominaisuuksien ja kysynnän vaihteluiden kautta. Suunnittelussa tuli tietenkin ottaa huomioon myös, kuinka RamonEdge Oy haluaa palvella asiakkaitaan. Tuotteiden todettiin sisältävän hyvin paljon, pääasiassa pieniä, variaatioita mitoissa, jotka eivät muuta työnkulkua oleellisesti mutta vaativat tuotantolaitteiston asetusten muutoksia erien välillä. Kysyntä on puolestaan kausiluontoista johtuen jääkiekon kausiluonteisuudesta. Kysynnän huipun RamonEdge ilmoitti ajoittuvan elo- syyskuulle, jolloin joukkueet alkavat siirtyä jääharjoittelun pariin. Hiljaisinta aikaa puolestaan on kesäkuu, jolloin pelaajat yleensä lomailevat eivätkä ole aktiivisia varusteidensa suhteen ja kysyntä on käytännössä nollassa. RamonEdge Oy haluaa terähuoltoyksiköllään päästä paitsi suuriin uusien terien valmistuksen volyymeihin, mutta myös palvella nopeasti ja tehokkaasti pelaajia jotka lähettävät teriään huoltoon.

### 6.1.2 Tuotantomallin valinta

Seuraava vaihe suunnittelussa oli lähtökohtien pohjalta löytää sopiva tuotantomalli automatisoidulle tuotannolle. Vertailua käytiin funktionaalisen, linja- ja solutuotannon välillä. Funktionaalinen toimintatapa sellaisenaan pudotettiin heti pois vaihtoehdoista, sillä kaikki tuotteet käyvät läpi samat työvaiheet tehden funktionaalisesta ohjauksesta tarpeettoman raskaan. Lisäksi funktionaalisessa valmistustavassa olisi vaadittu useita koneita ja niille henkilökuntaa koneryhmien muodostamiseksi.

Linjamuotoinen valmistus todettiin ihanteelliseksi tuotannon tehokkuuden kannalta, sillä tuotteet sisältävät vain pieniä tuotekohtaisia variaatioita ja lähestulkoon kaikki tuotteet käyvät läpi samat työvaiheet. Ajatus linjatuotannosta otettiin mukaan suunnitteluun. Puhtaan linjatuotannon todettiin kuitenkin vaativan juuri nykyistä tuotantoa varten suunnitellun kappaleenkäsittelyjärjestelmän toimiakseen tehokkaasti ja se voisi olla rakennuskustannusten ja tulevaisuuden muunneltavuuden kannalta haastavaa. Perinteinen linjatuotanto ei sopinut ohjauksensa puolesta tarkoitukseen, sillä tuotanto on tilausvetoista ja huoltoon tulevat terät eivät välttämättä tarvitse kaikkia työvaiheita.

Lopulliseen tuotantomalliin lähdettiin soveltamaan joustavasti automatisoidun solun mallia. Solumuotoisen valmistuksen mallin mukaan voitaisiin rakentaa suhteellisen yksinkertainen ja muunneltavissa oleva, pääasiassa NC -koneesta ja kappaleenkäsittelylaitteesta sekä varastoista koostuva, itsenäisesti toimiva valmistusyksikkö. Soluajattelun avulla voitaisiin lisäksi hahmotella automatisoidun yksikön suhde tämänhetkisiin valmistusyksiköihin.

### 6.1.3 Tuotannon ohjaus

Yrityksen johdon ja valmistusyksikön välisiä vastuualueita sekä informaatiovirtaa lähdettiin suunnittelemaan selvittämällä erilaisia informaation muotoja, joita valmistus-

järjestelmä tarvitsee pystyäkseen toimimaan mahdollisimman häiriöttä ja tehokkaasti. Esiin nousi ensimmäiseksi kysynnän kausiluonteisuuden tuoma merkittävä vaihtelu, jota ei pystyisi hallitsemaan tuotantoyksikön sisäisillä komennoilla. Toinen merkittävä esille tullut tekijä on uusien mallien suhteellisen tiheä markkinoille saapumisen tahti. Tähänkin todettiin tarvittavan tuotantoyksikön ulkopuolista ohjausta, jotta tuotantoyksiköllä olisi ajoissa käytettävissä ohjelmat uusien tuotteiden valmistamiseksi. Seuraavaksi kartoitettiin yksittäisten tuotteiden valmistuksen ohjaamiseen liittyvät ohjauksen komennot ja tämän jälkeen jaettiin komennot yrityksen johdon antamiin korkean tason komentoihin ja tuotantoyksikön sisäisiin matalan tason komentoihin. Kuviossa 7 on hahmoteltuna yrityksen johdon rooli uuden tuotannon ohjauksessa.

Suunnittelun edistyessä työn toimeksiantajan osalta asetettiin tavoitteeksi, että tuotantoa tulisi pystyä ohjaamaan, ylläpitämään ja valvomaan yhden työntekijän työpanoksella. Tarpeen vaatiessa tuotantoyksikön tulisi kyetä toimimaan myös miehittämättömiä jaksoja. Tätä lähdettiin toteuttamaan suunnittelemalla tuotannon ohjauksellaiseksi, että työvaiheita pystyisi tekemään mahdollisimman joustavassa järjestyksessä kulloisenkin kuormituksen asettaman aikataulutuksen mukaisesti. Työntekijän tulisi esimerkiksi pysyä "urakoimaan" yhtä manuaalisesti tehtävistä työvaiheista valmiiksi ilman muun tuotannon häiriintymistä.

## **6.2 Tuotantolaitteiston valinta**

### **6.2.1 Hiomakone**

Kuten prosessikuvauksesta voidaan päätellä, terien valmistuksessa suurimman osan työajasta vievät erilaiset hionnat. Valmistusprosessin hiontatöitä ovat reunojen hionta teräaihoista, muotoilu sekä teroitus. Nämä todettiin myös merkityksellisimmiksi lopputuotteen laadun kannalta. Alunperin ideana oli selvittää voisiko robottikäsi suorittaa hionnat, jotka tällä hetkellä hoitaa ihminen. Aaltosen ja Torvisen

(1997) mukaan robottien tarkkuus rajoittuu rakenteesta riippumatta arvoon  $\pm 1$  mm, joka ei teroituksessa riitä saavuttamaan vaadittua  $\pm 0,2$  mm tarkkuutta.

Terän pienen koon ja yksinkertaisen muodon takia hiomakoneen ei tarvitsisi olla kovin iso tai monimutkainen. Sen tulisi kuitenkin pystyä suorittamaan yhdellä asetuksella terän kaikki hionnat, sillä hionta-asetusten asettaminen vie myös huomattavan osan tuotteen läpimenoajasta. Näiden seikkojen huomioon ottaminen todettiin välttämättömäksi, jotta automatisoidusta tuotannosta saataisiin tarpeeksi tehokas automatisoinnin kustannusten kattamiseen.

Erityisesti yhdellä asetuksella monen työvaiheen suorittaminen rajasi vaihtoehdot NC-hiomakoneisiin. NC-hiomakone voitaisiin myös helposti sijoittaa tuotantomalliksi valittuun tuotantosoluun johtokoneeksi, jonka toimintaa muut ympärille rakennettavat valmistusjärjestelmän osat tukisivat.

Työstökoneita maahan tuovan Machinery Oy:n edustajalle esitetty tiedustelu edellä mainittujen rajausten sisään sopivista, markkinoilla olevista, NC-hiomakoneista tuotti tulokseksi Chevalier Falcon Machine tools Co. Ltd:n valmistaman käytetyn FSG-1632 mallisen NC-hiomakoneen. Kyseinen kone todettiin tässä vaiheessa suunnitellua sopivaksi esimerkkikoneeksi tuotantoa ajatellen, joten se valittiin ainakin lähtökohtaisesti hankittavan koneen malliksi. Koneen tekniset tiedot on esitetty taulukossa 1 ja FSG-malliston edustaja on kuvattuna kuviossa 5.

*Taulukko 2. Koneen maahantuojan ilmoittamista arvoista koostettu taulukko Chevalier FSG-1632:n teknisistä tiedoista. (Chevalier FSG-240 ADIII N.d.)*

Chevalier FSG-1632		
Hiomalaikan koko	(mm)	355
Pöydän koko	(mm)	400 x 800
Kantavuus	(kg)	403
Pöydän pituusliike	(mm)	900
Pöydän pituusliikkeen nopeus	(m/min)	5-25
Pöydän poikki- liikkeen nopeus	(m/min)	2,9



Kuvio 7. Chevalierin FSG -sarjan NC -hiomakone. (Chevalier FSG-240 ADIII N.d.)

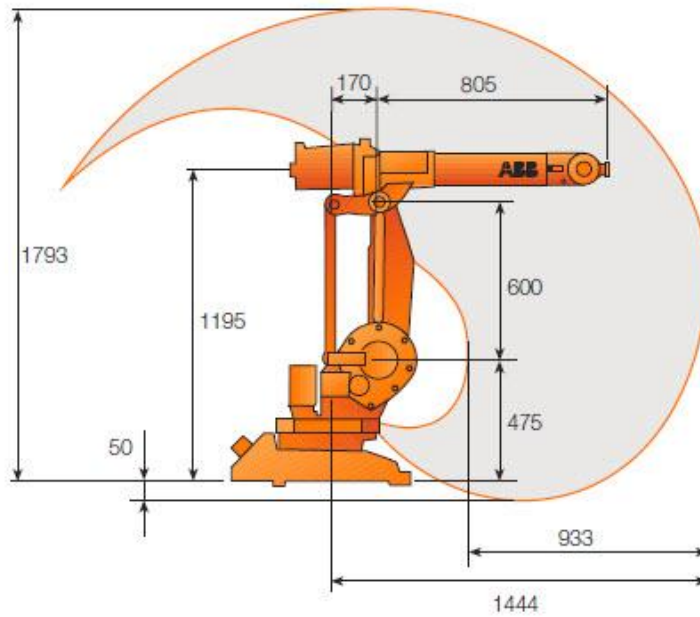
## 6.2.2 Kappaleenkäsittely

Kun tuotantomalli alkoi saada selvyttä voitiin hiontayksikölle alkaa suunnittelemaan kappaleenkäsittelyjärjestelmää. Käsittelyjärjestelmän tuli kattaa tuotteen kuljettaminen alkutarkastuspisteeltä, hiomakoneen ja pesun kautta, lopputarkastuspisteelle. Yksikkö tulee kooltaan olemaan pieni, koneet lähemmäksi ja käsiteltävät kappaleet kooltaan pieniä. Nämä seikat puolsivat robotin hankintaa hoitamaan sekä kappaleen kuljettaminen, että sen käsittely sekä siirto koneisiin ja niistä pois. Robotin avulla päästäisiin myös haluttuun tilanteeseen, jossa tuotantoa pystyttäisiin tarvittaessa muokkaamaan helposti. Robotin avulla kappaleenkäsittelyä on helppo muokata robotin ohjelmaa muuttamalla.

Robotille määriteltiin vaadittavat ominaisuudet sen perusteella että se kykenee suoriutumaan terän liikuttelu- ja käsittelytehtävistä. Robotin kuormankäsittelykyvyn ei tarvitsisi olla suuri, sillä yksi terä painaa vain n. 300g. Myöskään ulottuvuutta ei robotilta vaadittaisi paljoa, jopa n. 1500mm riittäessä aihoiden syöttämisen NC - koneeseen ja liikutteluun läpi tuotantoprosessin. Nivelrakenteen ja koordinaatiston osalta robotin haluttiin olevan mahdollisimman monipuolinen, jotta se selviäisi koko valmistusprosessin kappaleen kuljetus- ja käsittelytehtävistä ja olisi helposti valjastettavissa myös uudenlaisiin tehtäviin tulevaisuudessa. Näillä perusteilla tehtävään olisi sopivin ihmismäisellä koordinaatistolla varustettu robotti.

Lappeenrannan Teknillisen Yliopiston edustajien kanssa käytyjen keskustelujen myötä, yliopistolta osattiin antaa edellä mainittujen ehtojen perusteella vaihtoehdoksi ABB IRB 1410 -mallinen pieni kappaleenkäsittelyrobotti. Robotti on alunperin hitsaukseen suunniteltu, joten se pystyy käsittelemään vain 5 kg kuormia, mikä riittää mainiosti luistimen terän liikutteluun. Robotin maksimiulottuvuus on 1,44 m joka antaa määrävän tekijän kun valmistusyksikön layoutia aletaan tulevaisuudessa tarkemmin suunnittelemaan.





Kuvio 8. ABB IRB 1410. (IRB 1410 N.d.)

### 6.2.3 Pesukone

Pesukoneen suunnittelussa ajateltiin aluksi pesukonetta, jonka paletille robotti asettaisi työstetyt terät ja paletin täyttyessä pesukone siirtäisi paletin sisäänsä ja pesisi terät. Automaation rakentamisen kustannukset haluttiin pitää mahdollisimman alhaalla joten tästä ajatuksesta luovuttiin. Pohdinnan jälkeen päädyttiin ratkaisuun jossa pesukone rakennettaisiin itse. Kone olisi automatisoitu, mutta hyvin yksinkertaisesti eikä sitä tarvitsisi integroida muun automaation ohjaukseen. Pesu päätettiin suorittaa siten, että robotti siirtäisi työstön jälkeen terän pesukoneen eteen, optinen tunnistin havaitsee terän ja kone suihkuttaa pesunesteen terään. Pesu kestää vain muutaman sekunnin jonka jälkeen robotti vie terän kuivauspaletille.

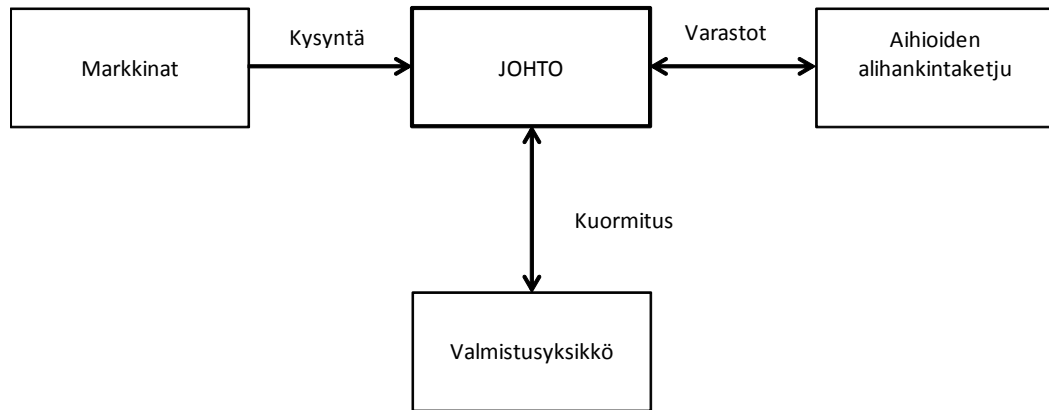
## 6.3 Valmistusyksikkö

### 6.3.1 Rakenne

Valmistusyksikön rakenne suunniteltiin solu -tyyppisen valmistuksen periaatteiden pohjalta siten, että se kykenee tekemään itsenäisesti tuotteen aihioista valmiiksi asti solun sisällä. Solun laitteisto suunniteltiin sen pohjalta, mitä tukitoimintoja tuotantolaitteeksi valittu NC -hiomakone, pesukone ja kappaleenkäsittelyjärjestelmänä toimiva robotti tarvitsisivat. Aihioita täytyisi tietenkin olla saatavilla jatkuvasti, joten solu tarvitsee aihiovaraston. Aihiovarastona voisi toimia esimerkiksi yksinkertainen varastohylly. Jotta automaatiojärjestelmästä saataisiin kaikki mahdollinen teho irti, on sillä oltava jatkuvasti saatavilla aihioita vaikka työntekijä ei olisikaan paikalla. Tähän ratkaisuksi päätettiin kehittää ahiomakasiini, johon ahiot voidaan latoa ja josta kappaleenkäsittelyjärjestelmä osaa ne poimia. Automaattisen työkierron jälkeinen välivarastointi ratkaistiin vastaanottomakasiinilla, johon kappaleenkäsittelyjärjestelmä asettaa kappaleet odottamaan viimeistelyä ja lopputarkastusta. Tarkastuksen jälkeen työntekijä voi siirtää tuotteet loppuvarastoon odottamaan toimitusta. Ahiomakasiini ja vastaanottomakasiini toimivat myös puskurivarastoina. Puskurivarastoja tarvitaan automatisoidun työvaiheen molemmin puolin, sillä tuotantoyksikön tulee pystyä pyörimään myös miehittämättömiä jaksoja.

### 6.3.2 Ohjaus

Valmistusyksiköstä päätettiin suunnitella joustavasti automatisoitu hiontasolu, joka toimisi itsenäisesti yrityksen johdon tekemän kuormitussuunnitelman perusteella. Solutuotannon periaatteiden mukaisesti solu vastaa itse omasta tuotannostaan. Tässä tapauksessa käytännön tasolla solussa työskentelevä työntekijä ohjaa solun sisäistä kuormitusta RamonEdge:n johdolta tulevan karkean kuormituksen perusteella.

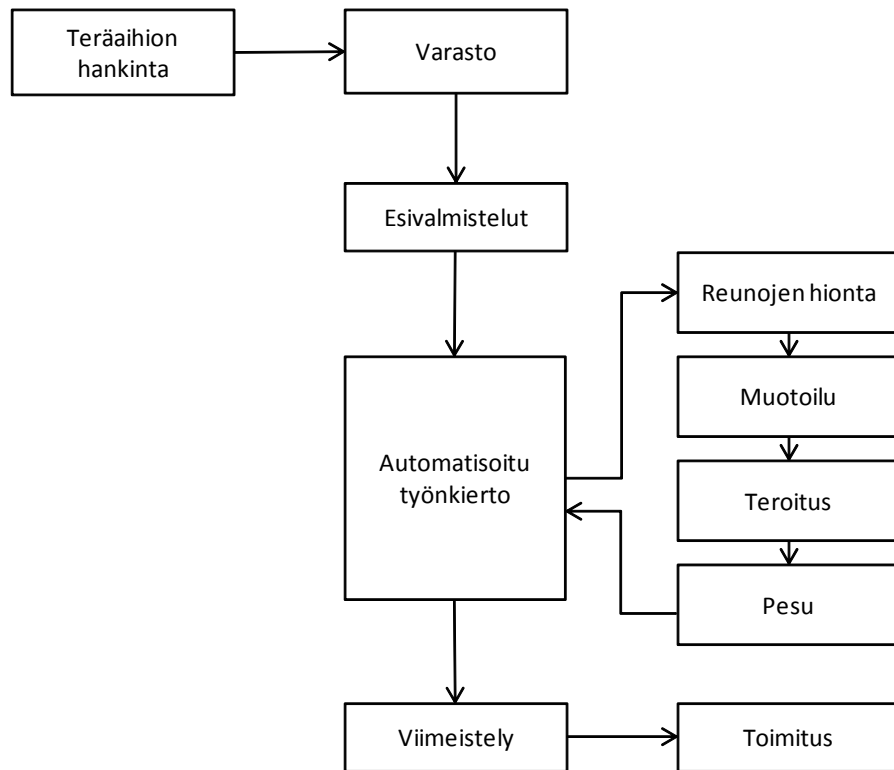


*Kuvio 9. RamonEdge Oy:n johdon rooli tuotannon ohjauksessa.*

## 6.4 Automatisoitu valmistusprosessi

### 6.4.1 Prosessikaavio

Automatisoidun hiontasolun tuotantoprosessi on kuvattu kuvioon 10.



Kuvio 10. Automatisoidun valmistusyksikön prosessi.

### 6.4.2 Esivalmistelut

Esivalmisteluvaiheessa ihminen tekee teräaihioille silmämääräisen tarkistuksen, lähinnä suoruuden osalta, ja samalla lataa terät paletille haluamilleen paikoille. Tämän jälkeen tekijä määrittelee tietokoneelle kullekin paletin paikalle ohjelman jolla haluaa terät työstettävän. Ohjelmaan on määritelty arvot joilla saadaan aikaiseksi halutunlainen terä. Näin voidaan lähestulkoon yhtä tehokkaasti valmistaa eriä, joissa jokainen teräpari on erilainen tai eriä, jossa on vain yhtä ja samaa terämuotoa ja terävyyttä. Tässä työvaiheessa ajan ja vaivan säästö manuaaliseen tuotantoon verrattuna tulee olemaan huomattava, sillä työläs ja aikaa vievä reunojen hionta voidaan jättää NC-koneen tehtäväksi.

### **6.4.3 Automatisoitu kappaleenkäsittely, teroitus ja muotoilu**

Esivalmisteluiden jälkeen tekijä käynnistää automatisoidun työkierron. Robotti poimii paletilta terän ja syöttää tämän NC -koneeseen. NC -kone käynnistää oman ohjelmansa, joka vastaa paletin paikalle valittua. Kone suorittaa reunojen hionnan, muotoilun ja teroituksen ohjelman mukaisesti. Automatisoimalla tämä työvaihe, ei kyetä säästämään aikaa jalostavan työn osalta, sillä hiontaparametreja ei voida muuttaa vaikuttamatta lopputuloksen laatuun. Aikaa sen sijaan säästetään valtavasti asetusten vaihdossa, kun NC -kone suorittaa ne hetkessä ohjelmansa mukaisesti. Tarkempaa tutkimusta tulevaisuudessa vaatii tietyt työstöparametreihin vaikuttavat tekijät, kuten hiontalaikan kuluminen ja sen uudelleen muotoilu. Myös jäysteen poisto vaatii tarkempaa tutkimusta. Tämä tapahtuu käytännössä kun nolla -sarjaa päästään valmistamaan.

### **6.4.4 Viimeistely ja tarkastus**

Kun NC -kone on suorittanut ohjelmansa loppuun robotti poistaa terän koneesta ja kuljettaa terän pesurin luo. Pesurin optinen tunnistin antaa käskyn pesurin suihkuttaa pesuainetta. Robotti pysyy paikallaan muutaman sekunnin, jonka jälkeen se asettaa terän kuivauspaletille. Kuivauspaletilta ihminen ottaa terän, tekee pikaisen visuaalisen tarkastuksen ja varastoi tai pakkaa terän. Säännöllisin väliajoin ja aina erän ensimmäiselle valmistetulle terälle tehdään tarkempi mittaus tuotannon laadun varmistamiseksi. Alunperin lopputarkastus haluttiin automatisoida, mutta ainakaan vielä ei lähdetty suunnittelemaan optisen tarkastuksen järjestelmää, jolla automaatti hoitaisi tarkastuksen ja tekisi säädöt. Tämä tehdään mahdollisesti tulevaisuudessa.

### **6.4.5 Vaiheaikojen vertailu**

Nykyisenlaisen eli manuaalisen tuotannon karkeita vaiheaikoja ja automatisoidun tuotannon arvioituja vaiheaikoja vertailtiin ja saatiin seuraavanlaiset taulukot (taulukko 2 ja taulukko 3).

Taulukko 3. Manuaalisen tuotannon karkeat vaiheajat

Työvaiheiden kestot manuaalisesti		
		(min)
Esivalmistelut	tarkistus	1
	harjaus	1
	hionnat	2
Muotoilu	asetus	0,5
	työ	5
teroitus	asetus	1
	työ	5
viimeistely	pesu	1
	jäyste	0,5
	tarkistus	2
<b>yhteensä</b>		19
käsiäika / autom. aika		14 / 5

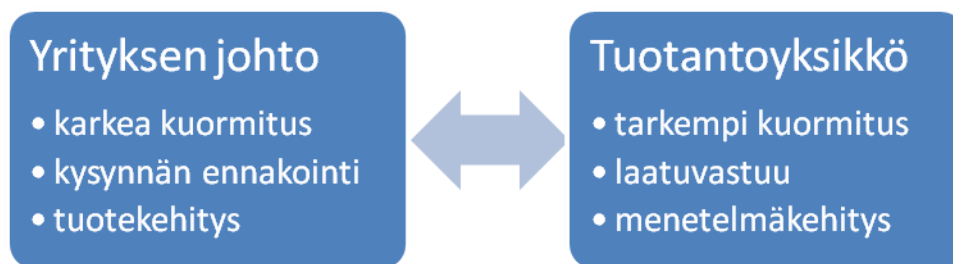
Taulukko 4. Automatisoidun tuotannon arvioidut karkeat vaiheajat.

Työvaiheiden kestot automaat. (arvio)		
		(min)
Esivalmistelut	tarkistus	1
	harjaus	1
	asetus	0,5
Automaatio	hionnat	1
	muotoilu	5
	teroitus	5
	pesu	0,5
viimeistely	jäyste	0,5
	tarkistus	2
<b>yhteensä</b>		16,5
käsiäika / autom. aika		5 / 11,5

Taulukoista nähdään että siirtämällä asetusten teko koneelle säästetään aikaa tietyn verran, mutta kuten aikaisemmin todettiin, hiontaparametreja ei voida muuttaa hionnan nopeuttamiseksi laadun kärsimättä. Tästä johtuen yhden terän läpimenoajaj-

sa ei ole kovin suurta eroa, vaikka ero kappalemäärien noustessa satoihin muodostuukin huomattavaksi. Suurin merkitys tässä muodostuukin käsiajan ja automaatioajan suhteesta. Manuaalisessa tuotannossa automaattista on vain muotoilun työvaihe jonka aikana tekijä pystyy tekemään jotain toista työvaihetta, esimerkiksi seuraavan kappaleen esivalmisteluita. Tuotannon automatisoinnin suurin hyöty tuleeekin kun automatisoidun ajan osuus nousee selvästi yli manuaalisesti tehtävän ajan. Tästä seuraa, että tekijä voi tehdä automatisoidun työkierron aikana valmiiksi seuraavien kappaleiden esivalmistelut ja edellisten kappaleiden viimeistelyt. Suhde 5 / 11,5 tarkoittaa käytännössä sitä, että työntekijä pystyy tekemään yhden vuoron aikana kahden vuoron käsin tehtävät työt ja näin saadaan aikaan tuotannon selkeä kasvattaminen minimaalisilla henkilöstökuluilla.

## 6.5 Automatisoidun hiontasolun liittäminen yrityksen toimintaan



*Kuvio 11. Tuotantojärjestelmän osien vastuualueet sekä niiden välinen informaatiovirta.*

Kuviossa 11 kuvataan tuotantojärjestelmän osien vastuualueita ja informaatiovirtaa uudessa tuotantojärjestelmässä. RamonEdge Oy:n johto, joka toimii korkean tason komentojen antajana, vastaa karkean kuormituksen tasaisuudesta ja järkevyydestä ennakoimalla kysyntää ja keräämällä informaatiota tuotantoyksikön kuormitustilanteesta. Jääkiekkoa pelataan pääsääntöisesti talvella, joten kysyntä on hyvin ennakoitavissa olevaa selkeän kausiluonteisuutensa takia. Tästä aiheutuu toki myös ongelmia, sillä kausiluonteisuus aiheuttaa myös sen, että kauden ulkopuolinen aika on hyvin hiljaista. Hiljaisena aikana, kuten kesällä, teriä ei mene kaupaksi juuri lainkaan ja yritysjohdon onkin suunniteltava kuormituksen jako hiljaisten kausien ja huippukausien aikana.

Sesonkien lisäksi yritysjohdon täytyy suunnitella paitsi nykyisten tuotteiden, myös uusien terämallien kehittämistä ja pysyä ajan tasalla uusista, lähinnä luistinvalmistajien, tuotteista, joita ilmestyy markkinoille aina uuden kauden kynnyksellä. Tämä on erityisen tärkeää ennakointia kesällä, pelikausien välissä, jolloin luistinvalmistajat kehittelevät uusien innovaatioiden julkaisua seuraavalle kaudelle. Nämä uudet innovaatiot saapuvat markkinoille syksyksi kun pelikaudet alkavat ja varusteiden kysyntä, myös RamonEdgellä, kiihtyy huippuunsa ja tällöin tuotantoyksiköllä on jo oltava varastossa terämalleja jotka ovat yhteensopivia uusien luistinmallien terän kiinnitysmekanismien kanssa. Jotta näin hyvässä tilanteessa oltaisiin syksyllä, on kesällä tehtävä töitä uusien terämallien mallintamisen ja NC -ohjelmien kehittämisen ja sisäänajon kanssa.

## **7 Yhteenveto ja arviointi**

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin olemassa olevan manuaalisen valmistusprosessin muuttamista automatisoiduksi. Aivan kuten ennakoitiinkin opinnäytetyö oli erittäin mielenkiintoinen uudenlaisen tuotannon suunnittelua sisältävä projekti. Opinnäytetyön alussa tarkoituksena oli saada Lappeenrannan Teknilliseltä Yliopistolta selvitys



robotin käyttämisessä muotoilussa ja teroituksessa. Kyseistä selvitystä ei kuitenkaan aikataulussa saatu, joten opinnäytetyön tekijän oli itse selvitettävä robotin mahdollisuuksia tehtävään. Melko pikaisen aiheeseen syventymisen jälkeen pystyttiin toteamaan että robotti ei sovellu halutulla tavalla tehtävään ja jättämään tämä mahdollisuus suunnittelun ulkopuolelle.

Valmistusjärjestelmän suunnittelussa turvaututtiin hyvin pitkälti aihetta koskevaan teoriaan. Konehankintoja pohtiessa olisi voitu käyttää myös systemaattisempaa menettelyä, mutta konehankinnat eivät olleet varsinaisen toimeksiannon piirissä, joten opinnäytetyössä tyydyttiin kartoittamaan koneilta vaadittavia ominaisuuksia ja syitä tiettyjen koneiden tarpeeseen. Tämän jälkeen tiedusteltiin asiantuntijoilta mielipidettä tarkoituksen mukaisista koneista. Ylipäätään tässä opinnäytetyössä haastetta tuotti työn rajauksen pitäminen eheänä, aiheen ollessa kuitenkin suhteellisen laaja.

Varsinainen työ tässä opinnäytetyössä koostui hyvin suurelta osin tuotteen ominaisuuksiin sekä nykyisen tuotannon eri toimintoihin tutustumiseen ja pohtimiseen kuinka ne kannattaisi järjestää automatisoidussa tuotannossa. Työvaiheiden ja kappaleenkäsittelyn automatisointiin kiinnitettiin isoin huomio. Pohdintaa käytiin myös tuotantoprosessin kehittäjän Paavo Rämön kanssa ja näissä yhteyksissä käydyt keskustelut ohjasivat opinnäytetyötä suurilta osin kohti syntyneitä tulosta. Opinnäytetyössä vältettiin tarkoituksella pieniin, vaikkakin merkityksellisiin, yksityiskohtiin, kuten NC -ohjelmoinnin tarjoamiin mahdollisuuksiin, menemistä ja pyrittiin pitämään kokonaisuus kattavana ja eheänä koko tuotannon automatisoinnin osalta.

Uskon että tämän opinnäytetyön tuloksena syntynyt suunnitelma automatisoidusta tuotantoyksiköstä RamonEdge Oy:n luistimenterien tuotantoon antaa pohjan jolla yritys voi lähteä suunnittelemaan käytännön toteutusta laite- ja järjestelmätoimittajien kanssa. Lisäksi suunnitelma sopii mielestäni perusteeksi kun tarvittavan rahoituksen määrää lähdetään pohtimaan ja rahoitusta hakemaan.

## Lähteet

Aaltonen, K., Torvinen, S. 1997. Konepaja-automaatio. Helsinki: WSOY

Anttila, S. 2011. Oikein teroitettut luistimet - Neka Haapanen opastaa. Junnut.com  
14.08.2014. Viitattu 10.5.2014

<http://www.junnut.com/T1/lue.php?ID=11118>

AS 2001 Allpro N.d. Viitattu 25.5.2014 <http://www.prosharp.fi/webshop/2001-allpro-with-channel-p-8.html>

Chevalier FSG-1632ADII, N.d. Viitattu 10.5.2014.

[http://www.chevalier.com.tw/grinding/pro\\_fsg1632adiii.htm](http://www.chevalier.com.tw/grinding/pro_fsg1632adiii.htm)

Chevalier FSG-240 ADIII, FSG-2060 ADIII. N.d. Machinery.fi, metallintyöstökoneet, hiomakoneet. Viitattu 10.5.2014.

<http://machinery.fi/fi/metallintyostokoneet/hiomakoneet/tasohiomakoneet/chevalier-fsg-240-adiii-fsg-2060-adiii>

Chryssolouris, G. 2006. Manufacturing Systems: Theory and Practice, 2. painos, New York: Springer Science+Business Media.

Fonselius, J. Laitinen, E. Pekkola, K. Suosara, E. 1988. Koneautomaatio: Kappaleenkäsittelylaitteet. 1. - 3. painos. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Haché, A. 2002. Jääkiekon fysiikka. Helsinki: Terra Cognita

IRB 1410. N.d. Viitattu 10.5.2014

<http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-1410>

Kostal, P. & Velisek, K. 2011. Flexible Manufacturing System, World Academy of Science, Engineering and Technology Vol:5 2011-05-28. Viitattu 25.4.2014.

<http://www.waset.org/publications/10626>.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Helsinki: WSOY.

Niku, Saeed B.2001. Introduction to Robotics. New Jersey: Prentice Hall.

Rämö, P. 2014. RamonEdge Oy. Haastattelu 12.4.2014.

911 Skate Sharpener 115 volt. N.d. Viitattu 25.5.2014 <http://www.wissota.com/911-skate-sharpener-115-volt.html>